

Lecciones Aprendidas



De los participantes de Natural Gas STAR

USO DE HOT TAPS PARA LAS CONEXIONES DE TUBERÍAS EN SERVICIO (Using Hot Taps for In Service Pipeline Connections)

Resumen gerencial

Las compañías de transmisión y distribución de gas natural necesitan hacer conexiones a las tuberías muchas veces al año para expandir o modificar sus sistemas existentes. Históricamente, esto ha requerido sacar de servicio una porción del sistema y purgar el gas a la atmósfera para garantizar la seguridad al momento de hacer la conexión. Este procedimiento, llamado interrupción e interconexión, causa emisiones de metano, pérdida de producto y ventas, molestias ocasionales a los consumidores y el costo de la evacuación del sistema de la tubería existente.

Existe un procedimiento alternativo llamado “hot tapping” el cual realiza la conexión nueva de tubería mientras la tubería permanece en servicio, con flujo de gas natural bajo presión. El procedimiento “hot tapping” consiste en adherir una conexión derivada y una válvula a la parte externa de una tubería en funcionamiento, y después se corta la pared de la tubería dentro de la derivación y se quita la sección de pared a través de la válvula. El uso de “hot taps” evita la pérdida de producto, las emisiones de metano y la interrupción del servicio a los consumidores.

Aunque esta técnica no es una práctica nueva, el mejoramiento reciente de diseño ha reducido las complicaciones y la incertidumbre que los operadores experimentaban en el pasado. Varios participantes de transmisión y distribución de Natural Gas STAR informan que usan los procedimientos de hot tapping rutinariamente, los trabajos pequeños se realizan casi diariamente mientras que los más grandes (más de 12 pulgadas) se realizan dos o tres veces al año.

Al realizar hot taps, los participantes de Natural Gas STAR han logrado reducciones de emisiones de metano y han aumentado los ingresos. Los ahorros de gas generalmente son suficiente razón para justificar el hacer todas las conexiones nuevas a las líneas en operación mediante “hot taps”. El plazo de recuperación de la inversión al usar hot taps con frecuencia es inmediato.

Método para reducir la pérdida de gas	Volumen de ahorros de gas natural (Mcf/año)	Valor de los ahorros de gas natural (\$/año)	Otros ahorros (\$)	Costo de capital (\$)	Otros costos ⁴ (\$/año)	Plazo de recuperación de la inversión (meses)
Conexión mediante hot tap ¹	24,400	73,320 ²	6,840 ³	36,200	43,000	12

¹ Los ahorros y costos anuales se basan en un promedio de 320 hot taps (de varios tamaños) al año.

² Supone un precio de gas natural de \$3.00/Mcf.

³ Otros ahorros mostrados son por gas inerte.

⁴ Otros costos incluyen los de operación y mantenimiento y el costo de los servicios de contrato.

Antecedentes tecnológicos

En los sistemas de transmisión y distribución de gas natural, con frecuencia es necesario volver a colocar o expandir tuberías existentes, instalar válvulas nuevas o reparar las viejas, instalar laterales nuevas, realizar el mantenimiento o tener acceso a líneas durante emergencias. Históricamente, ha sido una práctica común sacar de servicio una porción del sistema durante la reparación, ventilar el gas que contiene el segmento aislado y purgar la tubería con gas inerte para garantizar la seguridad durante la conexión.

Este procedimiento para realizar la interrupción e interconexión difiere levemente dependiendo de la presión del sistema. En sistemas de alta presión, las válvulas que los rodean se cierran para aislar el segmento de tubería y se colocan bloqueadores adicionales (tapones insertados) junto a las válvulas para evitar las fugas de gas natural y mejorar las condiciones de seguridad en el lugar de la interconexión. En un sistema de baja presión, la longitud de la tubería que se sacará de servicio por lo general es mucho más corta. En lugar de cerrar las válvulas que se encuentran alrededor, los tapones se usan para aislar la porción de la tubería que está directamente en el área de la derivación. En ambos casos, el gas en el segmento aislado de la tubería se ventila y la línea se purga.

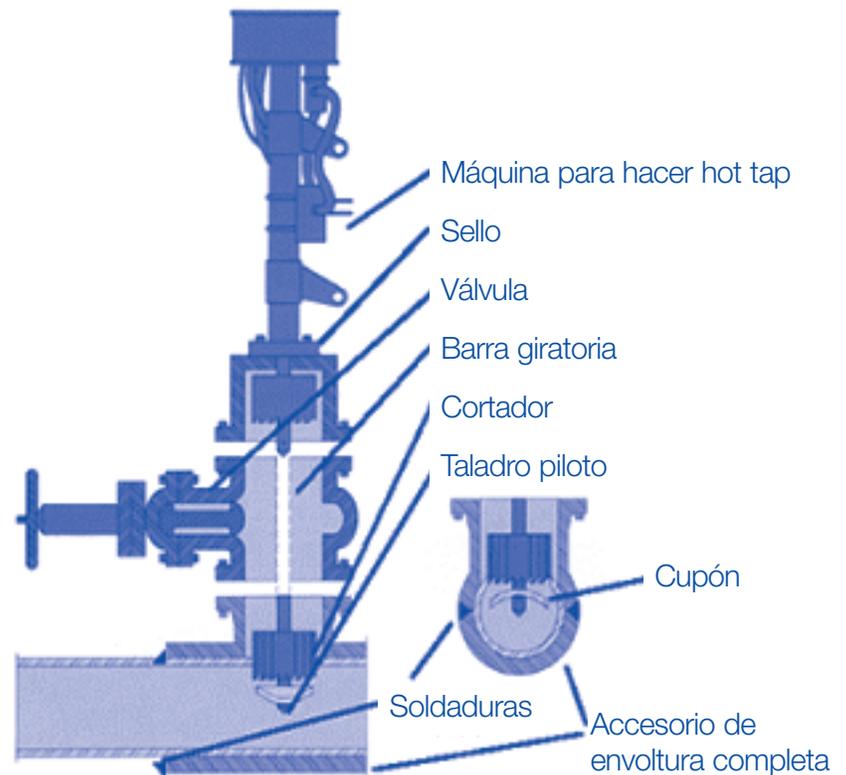
Los efectos relacionados con la interrupción de la interconexión son tanto económicos como al medio ambiente. El gas ventilado del segmento de tubería representa una pérdida de producto y un aumento de emisiones de metano. Además, sacar de servicio un segmento de tubería puede en ocasiones causar interrupciones graves al servicio a los consumidores. Por ejemplo, una conexión paralizada en una línea de acero puede requerir de tres o más días con la tubería fuera de servicio y la posible interrupción de los embarques de gas natural además de la liberación de metano a la atmósfera.

La técnica de hot tapping es una alternativa que permite que se haga la conexión sin tener que sacar de servicio el sistema ni ventilar gas a la atmósfera. La técnica de hot tapping también se conoce como intervención de la línea, intervención de la presión, corte de presión y corte lateral. El proceso implica adherir conexiones derivadas y cortar agujeros en la tubería en funcionamiento sin interrumpir el flujo del gas, y sin liberar ni perder producto. Los hot taps permiten nuevas derivaciones en los sistemas existentes, la inserción de dispositivos en la corriente del flujo, desviaciones permanentes o temporales y es la fase preparatoria para el bloqueo de la línea con tapones de globo temporales inflables (tapones).

El equipo para realizar hot taps está disponible para casi cualquier tamaño de tubería, materiales de tuberías y tasas de presión en los sistemas de transmisión y distribución. El equipo principal para la aplicación de hot taps típicos incluye una máquina para taladrar, un accesorio de derivación y una válvula. El equipo de hot taps se describe más adelante y se muestra en el Cuadro 1.

- ★ **Máquina para taladrar.** La máquina para taladrar generalmente consiste en una barra giratoria o fija telescópica accionada mecánicamente que controla la herramienta de cortado. La herramienta de cortado se usa para producir un agujero piloto en la pared de la tubería para poder centrar una sierra perforadora que corta el “cupón” o la sección curva de la pared de la tubería.
- ★ **Accesorio.** La conexión a la tubería existente se hace dentro de un accesorio, el cual puede ser un simple tubo corto soldado para una conexión pequeña (por ejemplo, una pulgada) a una tubería más grande, o una T de manga dividida de envoltura completa para brindar apoyo adicional cuando la derivación sea del mismo tamaño que la tubería principal. La T se envuelve completamente alrededor de la tubería, y cuando se suelda, ofrece el refuerzo mecánico de la derivación a la tubería portadora.
- ★ **Válvula.** La válvula de la conexión hot tap puede ser una válvula de bloqueo o una válvula de control para una nueva conexión, y debe ser capaz de permitir que el cupón (la sección de la pared de tubería cortada con una sierra perforadora) pueda quitarse después de la operación de cortado. Algunas válvulas adecuadas incluyen las válvulas de globo o compuerta, pero no los tapones ni las válvulas de mariposa.

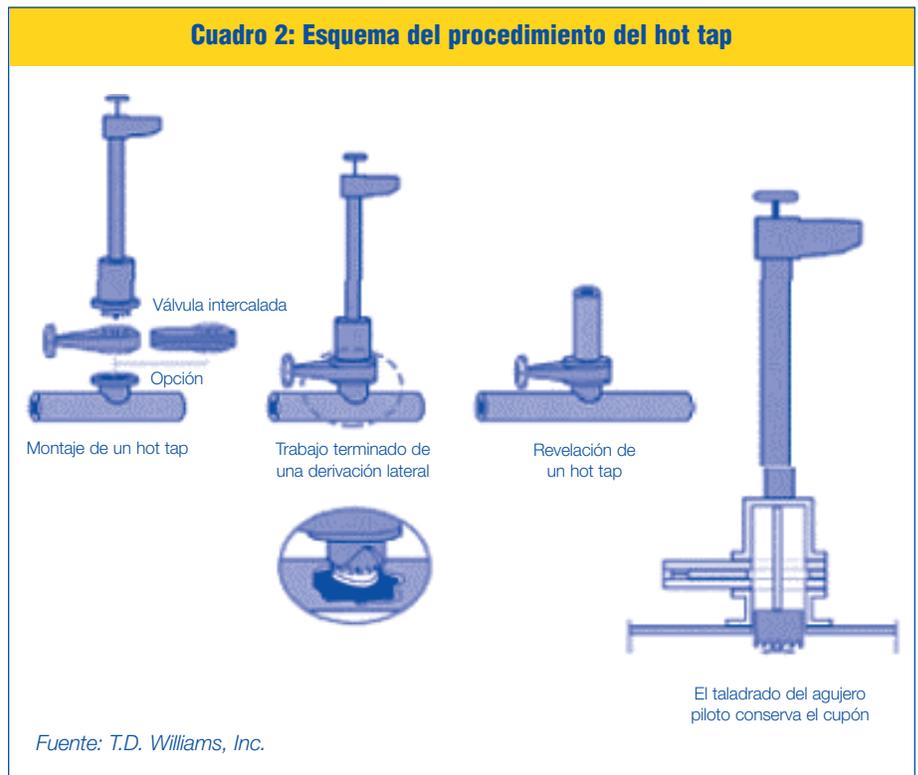
Cuadro 1: Esquema de una máquina para hacer hot taps con el perfil



Fuente: IPSCO

El Cuadro 2 ofrece un esquema general de un procedimiento de hot tap. Los pasos básicos para realizar un hot tap son:

1. Conectar el accesorio a la tubería existente con soldadura (acero), pernos (hierro fundido) o adhesiones (plásticas) e instalar la válvula.
2. Instalar la máquina de hot taps a través de la válvula permanente.
3. Llevar a cabo el hot tap cortando el cupón de la tubería a través de la válvula abierta. Un dispositivo especial sostiene el “cupón” para quitarlo después de la operación del hot tap. Sacar el cupón a través de la válvula y cerrar la válvula.
4. Quitar la máquina de hot tap y añadir la tubería derivada. Purgar el oxígeno, abrir la válvula y la conexión nueva estará en servicio.



Los hot taps pueden ser verticales, horizontales o en cualquier ángulo alrededor de la tubería siempre que exista espacio suficiente para instalar la válvula, el accesorio y la máquina para hacer el hot tap. La tecnología actual permite que las derivaciones se hagan en todo tipo de tubería, a todas las presiones, los diámetros y las composiciones, incluso en tuberías viejas que se fusionan a una nueva. Ahora se encuentran disponibles máquinas para realizar hot taps nuevas de peso ligero que permiten realizar el trabajo con un solo operador, sin bloqueo ni reforzamiento adicional.

Los manuales de seguridad y las directrices de procedimiento están disponibles a través del American Petroleum Institute (API), American Society of Mechanical Engineers (ASME) y otras organizaciones para el soldado en tuberías en servicio de todos tamaños, tasas de flujo y ubicaciones. Esos manuales ofrecen información sobre qué considerar cuando se suelda, incluyendo la prevención de aberturas por quemadura, el flujo en las líneas, el grosor del metal, los accesorios, el tratamiento de calor posterior al soldado, la temperatura del metal, la conexión hot tap y el diseño de la soldadura, y el contenido de la tubería y el equipo.

Los catálogos de equipo y los manuales del vendedor también son buenas fuentes para determinar qué tamaño y tipo de equipo es el más apropiado. Varios vendedores han publicado directrices globales y guías para realizar los procedimientos hot tap, incluyendo la información para la derivación en varios materiales, la evaluación y la preparación del lugar de trabajo, la selección y la instalación de accesorios y otro equipo, y las precauciones de seguridad. Lo más importante, debido a que este procedimiento es peligroso, cada hot tap potencial debe evaluarse individualmente y debe prepararse o revisarse un procedimiento detallado y por escrito antes de comenzar cada trabajo para garantizar que se sigan todos los pasos correctamente y de manera segura.

Beneficios económicos y para el medio ambiente

Los beneficios clave económicos y al medio ambiente al emplear los procedimientos de hot taps en lugar de conexiones con tubería fuera de servicio incluyen:

- ★ La operación continua del sistema – se evita sacar de servicio la tubería y las interrupciones.
- ★ No se libera gas a la atmósfera.
- ★ Se evitan los cortes, la realineación y volver a soldar las secciones de tubería.
- ★ La reducción del costo relacionado con la planificación y la coordinación, reuniones, programas, documentación, producción perdida y mano de obra directa.
- ★ Seguridad mejorada para los trabajadores.
- ★ Eliminación de la obligación de notificar a los consumidores de gas sobre las interrupciones de servicio.

Al garantizar que se sigan las mejores prácticas cuando se realiza un hot tap, se reduce el tiempo necesario para realizar el procedimiento así como el potencial de que falle.

Los operadores pueden evaluar los aspectos económicos de realizar el hot tap como alternativa a la conexión con la suspensión del servicio siguiendo los cinco pasos siguientes:

Paso 1: Determinar las condiciones físicas de la línea existente. En preparación para realizar un proyecto de hot tap, los operadores necesitarán determinar la presión máxima de operación (durante la realización del hot tap), el tipo de material de la tubería (acero, hierro fundido, plástico) y la condición de la tubería principal (corrosión interna y externa, grosor de la pared) para garantizar la seguridad del proyecto. Una conexión de hot tap puede hacerse en una tubería solamente cuando el material de la tubería principal esté en buenas condiciones. Otras condiciones que deben evaluarse incluyen la ubicación de válvulas cercanas de aislamiento de emergencia para casos en los que ocurra un accidente, el diámetro deseado de la

Proceso de decisión

Cinco pasos para evaluar los aspectos económicos de un hot tap:

1. Determinar las condiciones físicas de la línea existente.
2. Calcular el costo de realizar la interrupción e interconexión.
3. Calcular el costo de realizar un hot tap.
4. Evaluar los beneficios de ahorro de gas de hacer un hot tap.
5. Comparar las opciones y determinar los aspectos económicos de hacer hot taps.

derivación, el espacio de trabajo alrededor de la conexión, la ubicación de otras soldaduras de la tubería y las imperfecciones u obstrucciones. Los operadores también deben determinar si la línea está “en circuito”, ya que muchas compañías de transmisión prefieren evitar perturbaciones de funcionamiento cambiando la carga a una línea paralela. Se recomienda que se prepare y siga un plan por escrito para garantizar la evaluación completa y adecuada de una conexión futura.

Paso 2: Calcular el costo de realizar la interrupción e interconexión. El costo de un proyecto real incluirá los costos directos como los materiales y el equipo, los requisitos de soldadura, el control de calidad, los costos de purgado, la mano de obra y los gastos de programación. Algunos gastos indirectos adicionales o costos “ocultos” pueden incluir el costo de las válvulas de cerrado, la publicidad de qué servicio se interrumpirá, reencendido del servicio de los consumidores, y las excavaciones y los tapones y las conexiones de purga. Se recomienda a los operadores que consulten los datos históricos para determinar estos costos.

Para fines del alcance de este análisis, los costos de materiales y mano de obra para cortar la sección de la línea y soldarla en una conexión en T con el método de sacado de servicio de la tubería se suponen que son comparables al costo de soldar el accesorio y realizar un hot tap cuando la conexión de derivación sea del mismo tamaño que la tubería. Sin embargo, el costo de la pérdida de gas mediante la ventilación y el purgado del gas inerte son únicos para el método de interrupción e interconexión.

Las fórmulas usadas para determinar el costo del método de interrupción e interconexión se muestran en el Cuadro 3. Para estos cálculos, la presión baja se define como menor de 2 psig.

Para fines comparativos, el cálculo del costo del método de interrupción e interconexión debe tomar en cuenta un panorama con múltiples proyectos. Esta perspectiva de proyectos múltiples permite un análisis comparativo más completo dados los costos de capital iniciales de ser propietario y operar una máquina de hot taps y la necesidad de realizar varias interconexiones durante un año dado. El Cuadro 4 muestra cómo los cálculos de costo del Cuadro 3 pueden aplicarse a un panorama de conexiones múltiples. La situación hipotética presentada incluye varios proyectos en tuberías de varios tamaños y presiones. Sin embargo, los cálculos de costo, solamente se ofrecen en el caso de una tubería de 4 pulgadas y sólo cubre los costos directos.

Cuadro 3: Cálculo del costo del método de interrupción e interconexión

Dada la siguiente información:

D = diámetro de la tubería (pulgadas)

T = diámetro del orificio de colada (pulgadas) - para una interrupción a presión baja con orificios de colada como tapones

L = longitud de la tubería entre los orificios de colada (pies) - para una interrupción a alta presión

P = presión de la línea (psia para presión baja, psig para presión alta)

P_{pgas} = precio actual del gas purgado en el mercado (\$/Mcf) - se supone \$4/Mcf

P_g = precio actual del gas purgado en el mercado (\$/Mcf) - se supone \$3/Mcf

C_e = costo de excavación adicional, use los registros de la compañía (\$)

C_p = costo de las conexiones de purgado y la excavación

C_s = costo de los gastos ocultos de la interrupción, vea el Apéndice (\$)

C_f = costo de los accesorios, vea el Apéndice (\$)

El orificio de colada está abierto a tiempo = de experiencias previas (minutos)

Costos directos calculados:

$$1. \text{ Cálculo de } A = \text{área de la tubería (pies}^2\text{)} = \frac{3.14 * D^2}{4 * 144} \left(\frac{\text{pies}^2}{\text{pulg}^2} \right) \frac{D^2}{183}$$

$$2. \text{ Cálculo de } V_p = \text{volumen de tubería (Mcf)} = \frac{A * L}{1000} \left(\frac{\text{Mcf}}{\text{pies}^3} \right)$$

$$3. \text{ Cálculo de } V_{pgas} = \text{volumen de gas purgado} = V_p * 2.2 \text{ (interrupción + restablecimiento + 20\% desperdiciado)}$$

$$4. \text{ Cálculo de } C_{pgas} = \text{costo de nitrógeno del gas purgado} = V_{pgas} * P_{pgas}$$

$$5. \text{ Cálculo de } V_g = \text{volumen de gas perdido en los sistemas de alta presión: } V_g \text{ (Mcf)} = \frac{D^2 * P * \left(\frac{L}{1000} \right) * 0.372}{1000}$$

$$V_g = \text{volumen de gas perdido en los sistemas de baja presión: } V_g \text{ (Mcf)}$$

$$= \frac{T^2 * P * \text{No. de orificios de colada} * \text{Tiempo en que el orificio de colada está abierto} \left(\frac{\text{hr}}{\text{min}} \right)}{60}$$

$$6. \text{ Cálculo de } C_g = \text{costo del gas perdido ($) = } V_g * P_g$$

Costos indirectos calculados:

$$1. \text{ Cálculo de } C_e = \text{costo de la excavación adicional para la conexión ($)}$$

$$2. \text{ Cálculo de } C_p = \text{costo de las conexiones de purgado ($)}$$

$$3. \text{ Cálculo de } C_s = \text{costo de los gastos ocultos de la interrupción ($)}$$

$$4. \text{ Cálculo de } C_f = \text{costo de los accesorios ($)}$$

$$5. \text{ Cálculo de } C_i = \text{costos indirectos ($) = } C_e + C_p + C_s + C_f$$

Costos totales calculados:

$$\text{Cálculo de } C_{\text{totales}} = \text{costo total ($) = } C_g + C_{pgas} + C_i$$

Fuente: Pipeline Rules of Thumb Handbook, p. 270 y p. 278

Cuadro 4: Panorama hipotético y cálculo de ejemplo de gas perdido y costo de gas de purgado para el método de interrupción e interconexión

Dada la siguiente información:

Una compañía de tuberías requiere numerosas interrupciones o conexiones de hot tap como se indica a continuación:

Diámetros de las tuberías, pulgadas	4	8	10	18
Presiones de las tuberías, psig	350	100	1,000	200
Longitudes de las tuberías ¹ , millas ²	2	1	3	2
Hot taps anuales ³ , número	250	30	25	15

(1) Calcule: V_g = Volumen de gas natural perdido

$$V_g \text{ (Mcf)} = \frac{\left(D^2 * P * \left(\frac{L}{1,000} \right) * 0.372 \right)}{1,000}$$

$$V_g = \frac{\left(4^2 * 350 * \left(\frac{2 * 5,280}{1,000} \right) * 0.372 \right)}{1,000}$$

$$V_g = 22 \text{ Mcf}$$

(2) Calcule: V_{pgas} = Volumen del gas purgado ⁴

$$V_{pgas} \text{ (Mcf)} = \frac{\left(\frac{D^2 * L}{183} \right)}{1,000} * 2.2$$

$$V_{pgas} = \frac{\left(\frac{4^2 * 2 * 5,280}{183} \right)}{1,000} * 2.2$$

$$V_{pgas} = 2 \text{ Mcf}$$

(3) Calcule: Valor de la pérdida de gas por los métodos de interrupción e interconexión (incluyendo el gas purgado)

$$\text{Costo} = C_g + C_{pgas} = V_g * P_g + V_{pgas} * P_{pgas}$$

$$\text{Costo} = (22 \text{ Mcf} * \$3/\text{Mcf}) + (2 \text{ Mcf} * \$4/\text{Mcf})$$

Costo = \$74 por cada uno de los métodos de interrupción e interconexión de tuberías de 4 pulgadas

¹ Longitud del aislamiento entre las válvulas de bloqueo o tapones

² La fórmula requiere la longitud en pies. 1 milla = 5,280 pies

³ El panorama se basa en la información de los participantes y los vendedores

⁴ El gas inerte se supone que es nitrógeno

Una vez más, los operadores individuales necesitarán consultar los registros de la compañía para determinar los procedimientos exactos y los factores a usar cuando se realicen las interrupciones e interconexiones. Los procedimientos descritos anteriormente son directrices generales para la evaluación preliminar de los aspectos económicos y pueden diferir entre compañías. Algunos factores adicionales que son específicos a la compañía incluyen fugas de gas después de las válvulas de la tubería en ambos extremos de la sección fuera de servicio, el número de tapones, los orificios de colada para ventilación y purgado, y el tipo de gas que se purga. Las fugas son particularmente importantes ya que las válvulas de bloqueo de las tuberías grandes pueden fugar volúmenes significativos de gas porque se usan con poca frecuencia y la silla de la válvula puede acumular desechos que inhiben el sellado hermético. El volumen de fugas es altamente variable, dependiendo del tipo de válvula, la edad, la presión y el servicio de la tubería (el gas seco causa mucho menos corrosión y acumulación de desechos que el gas húmedo). Si la evaluación individual de un participante después de los resultados de esta lección aprendida causa una justificación marginal económica, entonces la experiencia de la compañía sobre la fuga de la válvula de la tubería deberá tomarse en cuenta para mejorar el aspecto económico.

Paso 3: Calcular el costo de realizar un hot tap. Cuando se comparan con los costos iniciales de hacer hot taps con el método de interrupción e interconexión, la única diferencia significativa es el costo del equipo para hacer el hot tap. El accesorio en T o la manga de envoltura completa, y la válvula tienen casi el mismo costo para cualquiera de los métodos cuando la derivación es esencialmente del mismo tamaño que la tubería (la información de los tipos de accesorios y los costos se muestran en el Apéndice). El costo de soldar una manga de envoltura completa es casi el mismo costo que soldar un accesorio T en una línea. El costo de mano de obra por cortar en frío la tubería y cortar el cupón de un hot tap es lo suficientemente cercano para este tipo de evaluación de viabilidad. Los costos de mantenimiento se aplican solamente al equipo para hot taps, como el afilado del taladro y la atención y el reemplazo de otro equipo.

Las máquinas para hacer hot taps vienen en varios tamaños, y una máquina sola puede realizar hot taps de 3 a 12 pulgadas. Pueden comprarse máquinas menos caras para realizar hot taps más pequeñas (por ejemplo, 1 a 3 pulgadas). En general, los costos de capital para comprar máquinas de hot taps que típicamente usan las compañías de gas para las conexiones de los tamaños más comunes fluctúan de \$13,200 a \$23,000.

El costo de equipo normalmente es un gasto de capital hecho una sola vez y puede depreciarse a lo largo de la vida útil del equipo, generalmente 15 a 20 años. Sin embargo, cada compañía debe calcular la depreciación de la misma manera que se usa para otras compras de equipo (por ejemplo, amortizada, sobre un período fijo de tiempo). Esto debe considerarse en conjunto con la frecuencia con que la máquina se usará en el futuro. Para tomar una determinación, los operadores deben consultar los registros de la compañía para determinar el número de veces que se han realizado conexiones similares.

Generalmente, una compañía que realiza varios hot taps al año encontrará que es económico comprar el equipo, especialmente en tamaños hasta 12 pulgadas, y mantener al personal adiestrado para realizar el servicio. Estos trabajos generalmente son más sencillos y requieren menos adiestramiento especializado que los trabajos de hot taps más grandes. Para los hot taps más grandes y menos frecuentes una compañía podría considerar que es más económico contratar a un contratista que provea el equipo y el personal adiestrado. La mayoría de los vendedores de hot taps proveerán todo el equipo necesario, incluyendo la máquina para taladrar, los accesorios, las válvulas, los cortadores y los servicios de reparación. La mayoría de los vendedores también ofrecen servicios de contrato para trabajos más grandes y poco frecuentes, o alquilan el equipo de hot taps. Suministrando servicios auxiliares, como excavación, soldadura y grúas, puede reducirse el costo de usar un contratista externo.

Otros factores, como el material y el grosor de la línea, la presión del sistema y la temperatura también deben tomarse en cuenta cuando se determinan las alternativas de comprar el equipo para hacer hot taps o contratar contratistas. Una compañía debe evaluar con qué frecuencia se usará el equipo de hot taps y si lograrán ahorros al comprar y dar mantenimiento al equipo y adiestrar a los operadores.

El Cuadro 5 presenta variedades de costos de hacer hot taps al comprar el equipo y al contratar los servicios. Las variaciones de costo mostradas incluyen todos los materiales; los gastos adicionales serán en gastos de mano de obra y de mantenimiento, según se indica anteriormente. Los vendedores dicen que los costos de operación y mantenimiento pueden variar mucho, dependiendo del número de hot taps que se realicen y el cuidado al equipo y a los procedimientos.

Cuadro 5: Gastos de los hot taps				
Tamaño de la conexión	Costo de capital (\$)		Costo de servicio de contratación (\$)	Costos de operación y mantenimiento del equipo (\$/año)
	Máquina ¹	Material		
Hot taps pequeños (<12")	13,200 - 23,000	-	-	500 - 5,000
Hot taps grandes (>12")	100,000 - 200,000 ²	2,000 - 9,120 ²	1,000 - 4,000	-

¹ Las máquinas de hot taps pueden durar de 5 a 40 años. La compañía puede realizar hasta 400 hot taps pequeños al año.

² La mayoría de las compañías encontrarán más económico contratar por fuera los trabajos más grandes, y por lo tanto no incurrirían en estos costos.

Nota: La información de costos fue proporcionada por los fabricantes y contratistas de hot taps. Los precios se proporcionan solamente para las opciones más económicas.

El Cuadro 6 muestra el costo del equipo, la operación y el mantenimiento y los servicios de contratista para realizar 320 hot taps al año en un panorama hipotético descrito anteriormente en el Cuadro 4. La suposición que se hizo fue que los hot taps de 4", 8" y 10" (un total de 305 hot taps) los realizará la compañía. Debido a que sólo se realizan unos cuantos hot taps de 18 pulgadas o más grandes cada año, estos hot taps (un total de 15) se contratarán con vendedores. El costo de equipo incluye el precio de compra de dos máquinas de hot taps pequeños (<12"). Para fines de esta lección aprendida, el valor promedio de la compra, la operación y el mantenimiento y los servicios de contratación indicados en el Cuadro 5 se usan para completar el análisis de costo para el panorama hipotético. De acuerdo con estas suposiciones el costo total del equipo se calcula que será \$36,200, el costo de operación y mantenimiento \$5,500 y los servicios de contratación serán de \$37,500.

Cuadro 6: Cálculo del costo anual de los hot taps en el panorama hipotético

Dada la siguiente información:

Costo de equipo por máquina = \$18,100¹

Costo de operación y mantenimiento por máquina = \$2,750¹

Costo de los servicios contratados por cada hot tap = \$2,500¹

Número de máquinas de hot taps = 2

Número de hot taps contratados = 15 (todos los hot taps de 12 pulgadas y más grandes)

Calcule:

Costo total del equipo = \$18,100 * 2 = \$36,200

Costo total de operación y mantenimiento = \$2,750 * 2 = \$5,500

Costo de servicios de contratación = \$2,500 * 15 = \$37,500

¹ Costo promedio de las variaciones del Cuadro 5

Paso 4: Evaluar los beneficios de ahorro de gas de hacer un hot tap. El Cuadro 7 presenta los ahorros de gas natural y gas purgado relacionados con la colocación de hot taps en tuberías de alta presión de diámetro chico y grande en el panorama hipotético de 320 hot taps al año. Los valores se calculan usando las ecuaciones del cuadro 3, multiplicadas por el número de conexiones anuales. Las pérdidas de gas relacionadas con el método de interrupción e interconexión son los ahorros principales cuando estas conexiones se hacen mediante hot taps.

Cuadro 7: Cálculo de ahorros anuales de gas en el panorama hipotético

Panorama 1 de hot tap Tuberías	Número de hot taps al año	Ahorros de gas natural		Ahorros de gas purgado ²		Ahorro total de gas ³
		Mcf por hot tap	Mcf anuales	Mcf por hot tap	Mcf anuales	\$
Tubería de 4", 350 psig, 2 millas de línea	250	22	5,500	2	500	18,500
Tubería de 8", 100 psig, 1 milla de línea	30	13	390	4	120	1,650
Tubería de 10", 1,000 psig, 3 millas de línea	25	589	14,725	19	475	46,075
Tubería de 18", 200 psig, 2 millas de línea	15	255	3,825	41	615	13,935
Anual total	320		24,440		1,710	80,160

¹ Los tamaños y el número de hot taps del panorama presentado en el Cuadro 4.

² Ejemplo de tubería de 4 pulg. interconectada mostrada en el Cuadro 4.

³ Valor del gas natural a \$3 por Mcf, gas inerte (nitrógeno) con valor de \$4 por Mcf.

Paso 5: Comparar las opciones y determinar los aspectos económicos de hacer hot taps. El análisis económico mostrado en el Cuadro 8 compara el costo significativo y las diferencias de beneficios entre el método de hot tap y el de interrupción e interconexión en el panorama hipotético de 320 hot taps al año. El costo significativo de la compra, la operación y el mantenimiento del equipo de hot taps y/o contratar los servicios para realizarlos. En este panorama, ambos costos se incluyen: la compra de dos máquinas de hot taps por \$36,200 por tamaños más pequeños y servicios contratados de 15 hot taps más grandes a \$37,500 al año. Las máquinas de hot taps compradas se operan y mantienen con \$5,500 al año. Todos estos costos se calculan en el Cuadro 6. Muchos gastos, incluyendo el costo de los accesorios, las válvulas y la mano de obra básica, se supone que son similares en ambos procedimientos, el método de hot taps y de interrupción, y por lo tanto pueden excluirse del análisis comparativo. Un análisis más completo puede realizarse evaluando e incluyendo los costos “ocultos” específicos de la compañía de acuerdo al Cuadro 3.

Las diferencias significativas de los beneficios son la reducción de pérdida de gas natural eliminando la ventilación y el gas inerte de purgado en el procedimiento de interrupción e interconexión. Como se resume en el Cuadro 7, los ahorros anuales de gas natural son un total de 24,440 Mcf en el panorama hipotético de hot taps, con un valor de \$73,320 al año a \$3 por Mcf de precio del gas. Los ahorros anuales de gas inerte de 1,710 Mcf tienen un valor de \$6,840 al año a \$4 por Mcf de nitrógeno, lo que da un beneficio total anual de \$80,160. Los beneficios adicionales de evitar las fugas de gas a través de las válvulas de bloqueo de las tuberías durante el procedimiento de interrupción e interconexión mejorará aún más los beneficios económicos del método de hot tap.

Cuadro 8: Comparación del análisis económico de los hot taps con la interrupción

	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
Costo de capital, \$	(36,200)	0	0	0	0	0
Costo de servicio de contrato, \$	0	(37,500)	(37,500)	(37,500)	(37,500)	(37,500)
Costo de operación y mantenimiento, \$	0	(5,500)	(5,500)	(5,500)	(5,500)	(5,500)
Costo total, \$	(36,200)	(43,000)	(43,000)	(43,000)	(43,000)	(43,000)
Ahorros de gas natural, (\$)		73,320	73,320	73,320	73,320	73,320
Ahorros de gas inerte, (\$)		6,840	6,840	6,840	6,840	6,840
Beneficios netos \$	(36,200)	37,160	37,160	37,160	37,160	37,160
Plazo de recuperación de la inversión (meses)						12
IRR						113%
NPV ¹						\$104,665

¹ Valor neto presente (NPV) basado en una tasa de descuento de 10% por 5 años.

En conclusión, se ha descubierto que hacer hot taps es más económico que el método de interrupción e interconexión. Incluso cuando el sistema tiene que sacarse de servicio, el método de hot taps presenta oportunidades para ahorrar tanto tiempo como dinero. Aunque el método de hot tap es una práctica que las compañías han realizado históricamente por razones que no son los ahorros de gas, la consideración de los beneficios de la reducción de metano con frecuencia pueden servir para justificar el método de hot tap en lugar del procedimiento de interrupción e interconexión en una variedad de circunstancias.

Experiencia de un vendedor

Un vendedor informa que, para un cliente de transmisión de gas, un día de servicio de gas en una tubería de gas natural de 36" funcionando a 1,000 psig tiene un valor de \$365,000 en ingreso bruto. Tardaría aproximadamente 4 días realizar la conexión de interrupción a un costo de \$1.5 millones, sin incluir el costo de la ventilación del contenido de la tubería para poder desempeñar la conexión con interrupción. Una conexión hot tap eliminaría esta pérdida de ingreso al permitir tener servicio sin interrupción.

Lecciones aprendidas

Las tuberías generalmente pasan por varias transformaciones cada año. Realizar hot taps para hacer estas conexiones e instalaciones puede reducir las emisiones de metano de las tuberías y aumentar los ahorros y la eficiencia. Las siguientes son varias lecciones aprendidas con frecuencia por los participantes y los vendedores de hot taps:

- ★ El método de hot tap lo han realizado compañías de transmisión y distribución durante décadas. Al evaluar los ahorros de gas relacionados con esta práctica, el método hot tap puede usarse en muchas situaciones en donde ordinariamente no se habría usado.
- ★ El lugar para la soldadura de la derivación debe estar libre de corrosión general, fracturas de corrosión de estrés y laminaciones.
- ★ Los hot taps no deben realizarse junto a la parte superior de equipo giratorio o las válvulas automáticas de control, a menos que dicho equipo esté protegido de los cortes mediante filtros o trampas.
- ★ Para los hot taps en las tuberías de acero, los accesorios generalmente consisten en una conexión de derivación soldada. Sin embargo, cuando se hace un hot tap en hierro fundido, cemento de asbesto o concreto, el accesorio no puede soldarse al cabezal existente. Deben emplearse técnicas alternativas de adhesión de accesorios, como una manga dividida de compresión de hierro fundido o una silla mecánica de unión.
- ★ Para los sistemas de plástico, el operador debe garantizar que los accesorios de hot tap sean compatibles con el tipo de tubería de plástico en el sistema y deben usarse los métodos adecuados de unión. Los vendedores pueden suministrar accesorios adecuados y herramientas para casi cualquier tipo de sistema de plástico.
- ★ Si no se ha realizado un hot tap en el pasado, el procedimiento debe prepararse y adiestrarse al personal. Asegúrese de incluir instrucciones relacionadas con posibles aberturas o fracturas de hidrógeno durante el soldado.

- ★ Todo el equipo debe cumplir con las normas mínimas federales y de la industria para los requisitos de presión, temperatura y operación.
- ★ Si las condiciones de temperatura, presión, composición de la tubería o el diámetro del hot tap se descubren que son inusuales para su sistema, asegúrese de consultar al fabricante del equipo de hot taps o los accesorios.
- ★ Los códigos industriales y federales y las normas deben consultarse para encontrar especificaciones más precisas (por ejemplo, ASME B31.8, API 2201, API 1104, API D12750, 49 CFR 192).
- ★ Registre las reducciones de emisiones relacionadas con el uso de hot taps y preséntelas con su Informe Anual de Natural Gas STAR.

Nota: La información de costo provista en este documento se basa en cálculos para Estados Unidos. Los costos de equipo, mano de obra y el valor del gas variarán dependiendo del lugar, y podrían ser mayores o menores que en los Estados Unidos. La información sobre costo presentada en este documento solamente debe usarse como guía al determinar si las tecnologías y las prácticas son convenientes económicamente para sus operaciones.

Referencias

American Petroleum Institute. *Procedures for Welding or Hot Tapping on Equipment in Service*. API Recommended Practice 2201, tercera y cuarta edición, octubre de 1985 y septiembre de 1995.

American Petroleum Institute. *Welding of Pipelines and Related Facilities*, Publicación No. 1104, 19a edición, septiembre de 1999.

American Society of Mechanical Engineers (ASME). ASME Code for Pressure Piping, B31, ASME B31.8-Edición 1995.

Bruce, William A. Edison Welding Institute. Contacto personal.

Burns, David. TransCanada Hot Taps. Contacto personal.

Chaput, James. Michigan Gas. Contacto personal.

Chila, Vern. International Piping Services Company. Contacto personal.

Davaney, Tom. Con Edison. Contacto personal.

Doig, Deanna. TransCanada Alberta System, TransCanada Pipelines. Contacto personal.

Hranicka, Anthony. Con Edison. Contacto personal.

Hydra-Stop, Inc. *A Pressure Installation Primer: Basic Information and Procedures for Line Tapping and Linestopping*.

LaShoto, Paul. Bay State Gas. Contacto personal.

McAllister, E.W. Editor. *Pipeline Rules of Thumb Handbook*. Cuarta edición, Gulf Publishing Company.

McElligott, John A., John Delanty, y Burke Delanty, "Use of Hot Taps for Gas Pipelines Can be Expanded," *Oil and Gas Journal*, 11/30/98.

McMicken, Mike and Brian Boucher. Team Industrial Services, Inc. Contacto personal.

Petolick, Don and Gary Vanderhye. Hydra-Stop, Inc. Contacto personal.

Rodgers, Erick. Topaz Inc. Contacto personal.

Smith, Sharlye. Mueller Co. Contacto personal.

Vandervort, Dal and T.D. Williamson. Inc. Contacto personal.

Venugopal, Shrikanth. TransCanada Transmission. Contacto personal.

Tingley, Kevin. Programa Natural Gas STAR de EPA. Contacto personal.

Código de Reglamentos Federales de Estados Unidos. Título 49, Parte 192 (49 CFR 192), Subparte D, "Transportation of Natural and Other Gas by Pipeline: Minimum Federal Safety Standards; Design of Pipeline Components".

Apéndice: Información complementaria

Válvulas. Las válvulas usadas en hot taps generalmente son válvulas de globo de abertura completa o de compuerta de cuña. Los proveedores de tuberías pueden usualmente proporcionar los precios de las válvulas y los accesorios, si se ofrece la información del panorama incluyendo el tamaño de la tubería, el tamaño de la salida y el contenido de la línea, la presión y el material.

Tes/accesorios. Existen varios tipos diferentes de accesorios mecánicos y soldados que corresponden al método de hot tap incluyendo niple soldado, niple roscado, niple ensamblado, tes roscada o silla de envoltura completa. Los accesorios de hot tap más comunes son las mangas divididas de acero hierro fundido. Los accesorios por lo general varían de precio por su tamaño, clasificación de brida (ANSI/presión) y cualquier característica especial. Los costos de los accesorios con los vendedores típicos se presentan a continuación.

TD Williamson - Costo de una T dividida completa (\$)	
Tamaño (tubería x salida)	
16"x16"	\$2,000
18"x18"	\$3,000
20"x20"	\$5,000
24"x24"	\$6,000
30"x30"	\$9,000
40"x16"	\$2,500
60"x16"	\$2,500

Los cálculos de precio son para una clasificación de 300#.
Los accesorios también están disponibles para clasificaciones de bridas 150#, 400#, 600#, 900# y 1,500# y tamaños de 1" x 1" a 96" x 96".

Topaz - Costos de T de hot taps (\$)			
Tamaño (tubería x salida)	150# clasificación de brida	300# clasificación de brida	600# clasificación de brida
2"x2"	\$386	\$399	\$443
4"x4"	\$407	\$428	\$481
12"x12"	\$1,394	\$1,484	\$1,624
20"x20"	\$3,645	\$3,857	\$4,290
12"x4"	\$1,248	\$1,251	\$1,347
20"x8"	\$1,428	\$1,468	\$1,521

Hay accesorios disponibles para otros tamaños.

Topaz - Costo de silla de envoltura completa (\$)		
Tamaño (tubería x salida)	Parte 1	Parte 2
2"x2"	\$227	\$189
4"x4"	\$227	\$189
12"x12"	\$645	\$539
20"x20"	N/A	\$1,306
12"x4"	\$594	\$495
20"x8"	\$1,303	\$1,076
40"x16"	N/A	\$3,493
Hay accesorios disponibles para otros tamaños.		

Uno de los posibles costos ocultos en la conexión de interrupción, si no puede suministrarse gas de fuentes alternativas, puede ser el costo de reencendido de los consumidores. Este proceso requerirá dos visitas, una para cerrar el gas y la segunda para volver a encender el piloto. Por lo general, una visita a un consumidor residencial puede tardar 15 a 30 minutos, y una visita a un consumidor comercial o industrial tardaría aproximadamente 1 hora. De acuerdo con la Oficina de Estadísticas de Trabajo, un empleado recibiría un pago de aproximadamente \$9.75 por hora por este trabajo.

Costo de volver a encender el piloto = [(No. de consumidores residenciales) * (0.38 horas)] + [(No. de consumidores comerciales e industriales) * (1 hora)] * \$9.75/hora

Podría no ser posible realizar la conexión de interrupción durante las horas óptimas. La programación y la planificación adicional podría tener que estar completa para programar la construcción y la excavación adicional necesaria para sacar de servicio la línea, pagar horas adicionales a los empleados y publicar la interrupción del servicio a los consumidores. Estos costos son variables y dependerán de la compañía y los factores internos.

Existen otros costos adicionales, como la programación, la mano de obra, las horas adicionales de trabajo y la publicidad, pero son específicas para cada compañía y están fuera del alcance de este estudio. Estos costos pueden calcularse de acuerdo a experiencias con interrupciones pasadas. El operador debe examinar los registros pasados para determinar qué costos, si corresponde, se evitarán al realizar un hot tap en lugar de una conexión sacando de servicio la línea.



Agencia de Protección del Medio
Ambiente de los Estados Unidos
Aire y Radiación (6202J)
1200 Pennsylvania Ave., NW
Washington, DC 20460

EPA430-B-03-010S
Diciembre de 2003